

補助事業番号 2021M-172

補助事業名 2021年度 気泡塔内固気液三相気泡流流動様式の形成と遷移の解明

補助事業

補助事業者名 松江工業高等専門学校 佐々木翔平

1 研究の概要

気泡塔型反応装置とは、塔底部の気相分散器より気相を気泡として液相中に分散させ、気液間で化学反応を行わせる化学反応装置である。本研究では、気相分散器形状等の設計パラメータが気泡塔内流動および気泡塔内平均ボイド率に及ぼす影響を明らかにするため、実験を実施した。

2 研究の目的と背景

天然ガス液体燃料化技術(GTL: Gas To Liquid)は、天然ガスから硫黄分や芳香族を含まないクリーン液体な燃料(ナフサ・灯油・軽油等)を製造する技術である。GTLは環境負荷低減、原油代替品確保に貢献できる技術として、世界中で研究・開発が進められている。2012年にはJOGMECと民間6社と共同でJAPAN-GTLプロセスを開発、2020年には国内大手建設会社が重機向け燃料としてGTL燃料の使用を開始するなど、国内においてもGTL技術の開発・利用が推進されている。開発当時、プラント大型化のスケールアップ設計が主流であったが、近年、経済性の観点から小型GTLも登場しスケールダウン設計の需要も高まっている。GTLの規模に加え、プロセス手法も多様化する現在、気泡塔設計指針の獲得が重要な技術課題となっている。GTL技術の核心であるFisher-Tropsch合成反応は、気泡塔型反応装置にて行われる。一般的に、塔内の流動様式は大きく2つに大別される。均質気泡流では気相分散器より流入した気泡は合体・分裂をせず一様に上昇する。非均質気泡流では気泡合体・分裂により大小様々な気泡が存在し、それらに誘起されて大規模な液循環流を形成する。気泡塔性能は塔内の流動様式に強く依存するが、スラリー気泡塔内の流動様式の形成と遷移に関する知見が乏しく、気泡塔の設計指針を得難い状況にある。そこで本事業では、気泡分散器形状等の設計因子が気泡塔内流動様式の形成と遷移に及ぼす影響を明らかにすることを目的とし、気泡塔内平均ボイド率測定実験を実施した。

3 研究内容

<https://www.me.matsue-ct.jp/faculty/>

(1) 実験装置

実験装置の概略を図1に示す。気泡塔には水平断面形状が円形の透明アクリル樹脂製容器を用いた。塔径(水力等価直径)は200 mm、塔高さは1700 mmとした。塔底部には気泡を生成させるための孔を有するアクリル樹脂製散気板(気相分散器)を取り付けた。散気板の概略を図2に示す。ここで d_h は散気孔の径、 r_h は塔断面積に対する孔の総面積の割合である。

(2) 気泡塔内流動

図3に気泡塔内流動画像の一例を示す．気相体積流束 J_G が0.04 m/s程度以下では，気泡合体・分裂がほとんどなく，気泡がほぼ一様に塔内を上昇していたため流動状態は均質気泡流であった． J_G が0.04 m/s程度以上では，非均質気泡流への遷移が確認された．

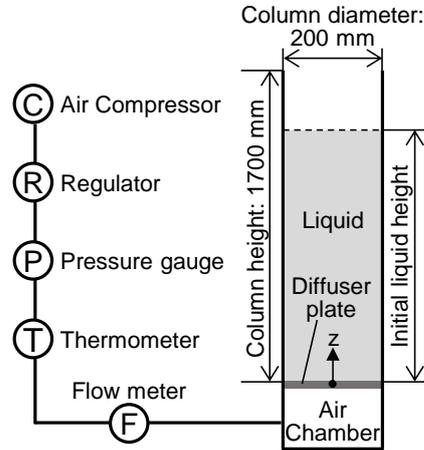


図1 実験装置

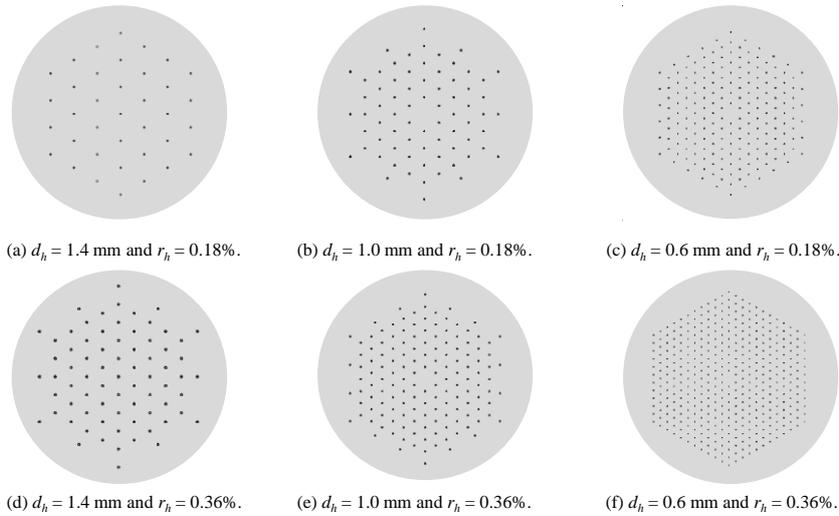


図2 散気孔の配置

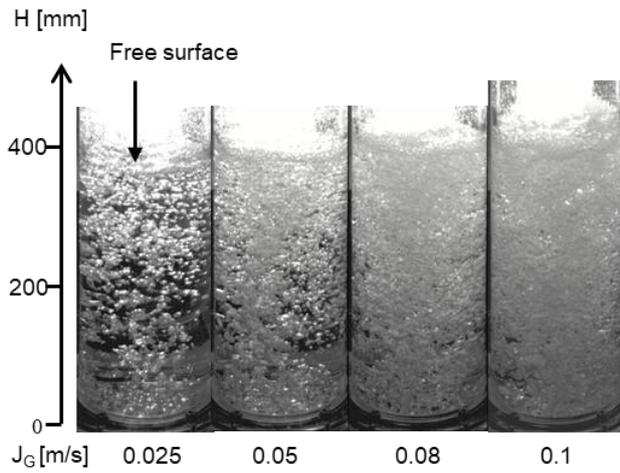
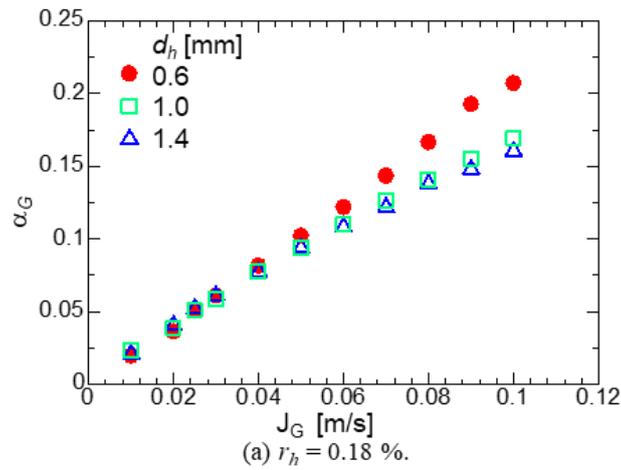


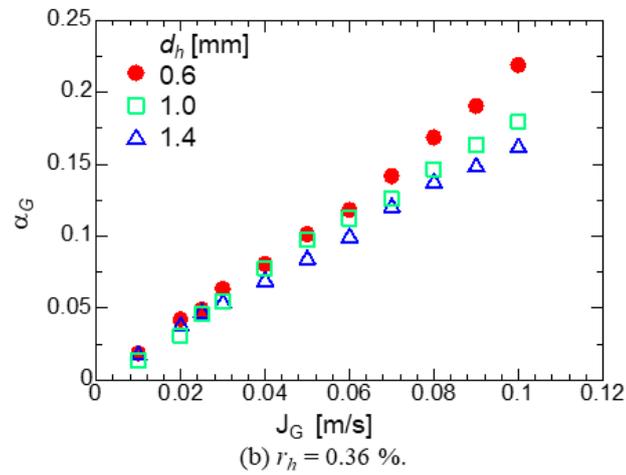
図3 気泡塔内流動 ($r_h = 0.18\%$ 及び $d_h = 1.4\text{ mm}$)

(3) 気泡塔内平均ボイド率

図4に各 d_h における気泡塔内平均ボイド率 α_G を示す。ここで、 H_0 は 400 mm と一定である。 J_G の増加に伴い α_G は増加する。 $J_G = 0.04\text{ m/s}$ 程度以下では、 α_G はどの d_h にもほとんど依存しない。 $J_G = 0.04\text{ m/s}$ 程度以上では、 d_h による α_G の差が大きくなっていく。



(a) $r_h = 0.18\%$.



(b) $r_h = 0.36\%$.

図4 孔径がボイド率に及ぼす影響

(4) 結論

- ① 塔内の流動状態は、 J_G が 0.04 m/s 程度以下では均質気泡流が、 J_G が 0.04 m/s 程度以上では非均質気泡流へと移行する遷移域が形成される。
- ② 均質気泡流では、同 d_H において α_d はほとんど r_H に依存しない。
- ③ 遷移域では、同 r_H において d_H 増加に伴い α_d は低下する。

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

気泡塔内流動の把握が不十分であることから、気泡塔設計指針を得るのが極めて困難な状況にある。従って、気泡塔スケールアップ・ダウン設計支援ツール「固気液三相多分散気泡流数値予測技術」開発が求められている。本研究で得られた成果は、その開発の基盤となる情報となり得る。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

気泡塔設計パラメータには今回対象とした散気板に加え、塔高さ、塔幅も挙げられる。また流動状態の遷移には粒子の存在も影響すると考えられる。これら設計・運転条件に関連するパラメータと流動状態との相関を総合的に把握する必要がある。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

フィゲイレド ビトル, 佐々木 翔平, 06b3 「気泡塔形状が気泡塔内平均ボイド率に及ぼす影響に関する研究」, 日本機械学会中国四国学生会第52回学生委員卒業研究発表講演会(オンライン), 2022年3月3日(木).

7 補助事業に係る成果物

(1)補助事業により作成したもの

なし

(2)(1)以外で当事業において作成したもの

なし

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名: 松江工業高等専門学校

(マツエコウギョウコウトウセンモンガッコウ)

住 所: 〒690-8518

島根県松江市西生馬町14-4

担 当 者: 講師 佐々木翔平(ササキショウヘイ)

担 当 部 署: 機械工学科(キカイコウガッカ)

E - m a i l: sasaki@matsue-ct.jp

U R L: <https://www.me.matsue-ct.jp/>